

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки стрелы консольного крана

УДК 621.791.753.042.4:621.873.132.002.72

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Буцыкин Сергей Эдуардович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Баннова Кристина Алексеевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ОТСП
_____ Киселев А.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1В31	Буцыкин Сергей Эдуардович

Тема работы:

Технология сборки и сварки стрелы консольного крана	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	23.03.2017, 2034/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Стрела консольного крана, режим работы периодический, материал СтЗсп
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Обзор литературы; 2) выбор сварочных материалов; 3) расчет параметров режима сварки; 4) выбор источников питания; 5) расчет расхода сварочных материалов; 6) разработка технологии сборки, сварки; 7) обоснование выбора оптимального способа сварки.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА.746000.001 Стрела консольного крана; ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации для сборки и сварки стрелы консольного крана.
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова К.А.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующей кафедрой ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Буцыкин С.Э.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В31	Буцыкин Сергей Эдуардович

Институт	ИНК	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<i>1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.
<i>2.Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
<i>2.Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
<i>3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Коммерциализация проекта
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка сравнительной эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Буцыкин С.Э.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В31	Буцыкин Сергей Эдуардович

Институт	ИНК	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Исследование производства стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой и механизированной сварки и выбор оптимального способа.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования 1.2. Обоснования мероприятий по защите исследователя от опасных и вредных факторов	- Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Повышенная температура или влажность воздуха помещения; - Повышенный уровень вибрации; - Недостаточная освещённость рабочей зоны; - Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. - Повышенная температура поверхностей оборудования.
2. Экологическая безопасность 2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте 3.2 Обоснования мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае ЧС	Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является короткое замыкание, а также наличие разбрызгивания расплавленного металла при проведении сварочных работ.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	- Правовые нормы трудового законодательства; - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Буцыкин С.Э.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 81 с., 3 рис., 41 табл., 52 формулы, 17 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в среде защитных газов, стрела консольного крана, двутавровая балка, оптимизация производственного процесса.

Объектом исследования является: исследование возможности производства стрелы консольного крана с помощью двух способов сварки.

Цель работы - расчет параметров режима сварки стрелы консольного крана, описание технологии процесса сборки и сварки двутавровой балки, выбор материалов, источника питания для ручной дуговой и механизированной сварки в среде защитных газов.

В результате анализа было выяснено, более оптимальным способом является ручная дуговая сварка, так как издержки на сварочные материалы и оборудования будут значительно ниже, чем при механизированной сварке в среде защитных газов, не смотря на то, что затраты на время сварки у второго способа меньше.

Для внедрения результатов в производство обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводили по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, в которых нередко встречаются противоречивые данные.

Область применения: машиностроительная, строительная отрасль.

Экономическая эффективность: сравнив издержки на сварочные материалы, стоимость источников питания сварки и затраты времени на производство можно сделать вывод, что наиболее оптимальным способом для производства стрелы консольного крана является ручная дуговая сварка.

В будущем планируется внедрить технологию в производство.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия»;
2. ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;
3. ГОСТ 9466-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия»;
4. ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;
5. ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент»;
6. ГОСТ 27772-80 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия»;
7. РД 34.15.132 – 96 «Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов».

Оглавление

	С.
Введение	11
1 Обзор литературы	12
1.1 Описание сущности ручной дуговой сварки	13
1.2 Описание сущности механизированной сварки	14
2 Объект и методы исследования	17
3 Экспериментальная часть	18
3.1 Выбор сварочных материалов	18
3.1.1 Выбор электродов для РДС	18
3.1.2 Выбор проволоки для МП	20
3.1.3 Выбор защитного газа для МП	21
3.2 Расчет параметров режима сварки	23
3.2.1 Расчет режима для РДС	23
3.2.2 Расчет режима для МП	26
3.3 Выбор источников питания для сварки	29
3.3.1 Выбор источника питания для РДС	29
3.3.2 Выбор источника питания для МП	31
3.4 Ориентировочная оценка химического состава и механической характеристики шва	33
3.4.1 Ориентировочная оценка для МП	34
3.4.2 Ориентировочная оценка для РДС	36
3.5 Расход сварочных материалов	37
3.5.1 Расчет расхода покрытых электродов	37
3.5.2 Расчет количества электродной проволоки	37
3.5.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах	38
3.6 Описание технологии сборки и сварки	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
4.1 Предпроектный анализ	42

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	42
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	43
4.1.3 SWOT – анализ	44
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	48
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	50
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	51
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	51
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	52
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	56
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	59
5 Социальная ответственность	64
5.1 Производственная безопасность	64
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования	65
5.1.2 Обоснования мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	68
5.2 Экологическая безопасность	72
5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	72
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	73
5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования	73
5.3.2 Обоснования мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	74
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	75
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	76
Заключение	79

Список использованных источников	80
Приложение А ФЮРА.746000.001 Стрела консольного крана	На
Приложение Б ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации для сборки и сварки стрелы консольного крана	отдельных листах

Введение

На сегодняшний день актуальной задачей является оптимизация производственного процесса, при изготовлении различного рода конструкций.

Согласно техническому заданию, необходимо разработать технологию производства стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой сварки (РДС) и механизированной сварки в среде защитных газов (МП). Поэтому при сравнении данных способов сварки необходимо рассмотреть издержки на материалы, сварочное оборудование, затраты на время сварки, и выбрать наиболее оптимальный способ сварки, что оптимизирует производственный процесс изготовления стрелы консольного крана.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой сваркой и механизированной в среде защитных газов, описание технологии процесса сборки и сварки двутавровой балки, выбор материалов, источников питания. Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- выбор сварочных материалов;
- расчет параметров режима сварки;
- выбор источников питания;
- расчет расхода сварочных материалов;
- разработка технологии сборки, сварки;
- выбор оптимального способа сварки.

1 Обзор литературы

Трудоемкость сварочных работ в сварных конструкциях составляет около 30 % общей трудоемкости ее изготовления. Изготовление сварных конструкций из различных металлов и сплавов производится различными методами и способами сварки. В подъемно-транспортном машиностроении по объему применения электродуговая сварка является основным видом сварки. Наиболее широко применяют ручную электродуговую сварку, полуавтоматическую и автоматическую сварку под слоем флюса и в среде защитных газов. Электродуговую сварку можно выполнять металлическим или угольным электродами. Больше распространена сварка металлическим электродом, здесь сварочная дуга образуется и горит при прохождении сварочного тока между электродом и свариваемым изделием. Больше всего сварку ведут на переменном токе, так как меньше расходуется электроэнергии, и применяют относительно простую аппаратуру. Для защиты расплавленного металла от вредного влияния атмосферного воздуха и получения качественного сварного шва при ручной электродуговой сварке применяют электроды с защитными (качественными) покрытиями, а при автоматической и полуавтоматической — флюсы и углекислый газ [1].

В цехах различных промышленных и металлургических предприятий широко используют грузоподъемные краны, в частности, консольные стационарные краны. Без них монтажные работы намного усложняются, а также консольные краны используют в производственном процессе на металлургических, машиностроительных, ремонтных, сборочных и др. участках. Учитывая большую потребность применения консольных кранов в разнообразных производственных условиях, имеется необходимость в проектировании таких кранов с широким разнообразием технических характеристик (вылетом стрелы, грузоподъемностью, размерами зоны обслуживания, режимом работы и др.).

1.1 Описание сущности ручной дуговой сварки

Тепло генерируется в процессе образования электрической дуги, которое необходимо для расплавления основного металла (а также электродного стержня). Чтобы поддерживать электрическую дугу, на электрод и свариваемую деталь подают электроэнергию от источника питания. Расплавы основного и электродного металла смешиваются в образующейся при этом сварочной ванне. После затвердевания сварочной ванны получается сварной шов. Стальной электрод содержит специальное покрытие, когда оно плавится, то создает защиту самой сварочной ванны в виде шлака, который всплывает на поверхность шва, и газового облака. Защита необходима для того, чтобы защитить сварочную ванну от взаимодействия с азотом и прочих газов, содержащихся в воздухе. [1]

Схема процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом показана на рисунке 2. Дуга горит между электродом 5 и основным металлом 1. Под действием теплоты дуги электрод и основной металл расплавляются, образуя сварочную ванну 2. Капли жидкого металла 6 с электродного стержня переносятся в ванну через дуговой промежуток.

Вместе с металлическим стержнем плавится и электродное покрытие 4, образуя газовую защиту 7 и жидкую шлаковую пленку 8 на поверхности расплавленного металла. В связи с тем, что обильная часть теплоты образуется на торце электродного стержня, на его конце появляется коническая втулка из покрытия, способствующая направленному движению газового потока. Это способствует защите сварочной ванны. После прохождения дуги сварочная ванна охлаждается и затвердевает, образуя сварной шов 9. Жидкий шлак также затвердевает и образует на поверхности шва твердую шлаковую корку 10, которая удаляется после сварки [1].

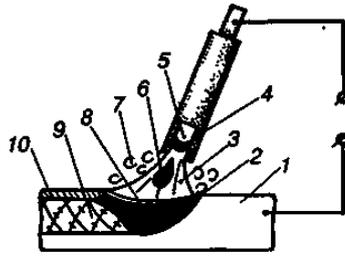


Рисунок 1 - Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Преимущества РДС:

- большое разнообразие металлов, которые можно сваривать;
- осуществление быстрого перехода к другому виду материала;
- возможность ведения сварки в труднодоступных местах;
- возможность процесса сварки во всех пространственных положениях;
- простота в эксплуатации оборудования;
- малая зона термического влияния.

Недостатки РДС:

- отсутствует возможность регулирования скорости продвижения электрода и глубины проплавления металла, вследствие чего при сварке тонкого материала возникают большие трудности в получении качественного шва;
- невысокая производительность;
- качество сварного шва зависит от квалификации сварщика;
- длительный срок, затрачиваемый на подготовку квалифицированных сварщиков.

1.2 Описание сущности механизированной сварки

Технологические свойства сварочной дуги существенно зависят от физических и химических свойств используемых защитных газов, электродного и свариваемого металлов, параметров и других условий сварки. Это обуславливает многообразие способов сварки в защитных газах. Необходимо рассмотреть процесс механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродам по наиболее существенным признакам.

Механизированная сварка плавящимся электродом осуществляется в инертных газах Ar и He (MIG) и их смесях Ar + He, в активном газе CO_2 (MAG), а также в смесях инертных и активных $Ar + O_2$, $Ar + CO_2$, $Ar + CO + O_2$ и активных газов $CO_2 + O_2$. В качестве электродных проволок используют сплошные, изготовленные из нелегированных и легированных сталей и цветных металлов (Ni, Си, Mg, Al, Ti, Mo), а также несплошные порошковые и активированные. Главным образом сварка плавящимся электродом осуществляется на постоянном токе, а также используется сварка импульсным током. Существуют и другие возможности ведения сварки, например: сварка на нормальном и увеличенном вылете, со свободным и принудительным формированием шва, без колебаний и с колебаниями электродной проволоки, в атмосфере и под водой, в стандартную и нестандартную узкую щелевую разделку кромок и др., которые также находят свою область применения [2].

Принципиальная схема сварочных работ при ведении механизированной сварки, которая приведена на рисунке 3, практически ничем не отличается от схемы, которая присутствует при ведении ручной дуговой сварки.

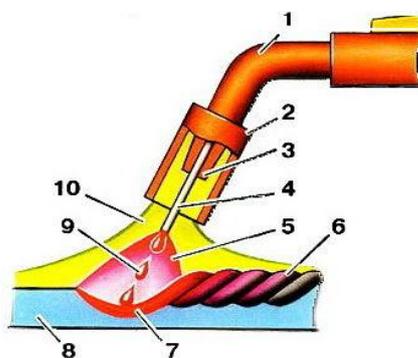


Рисунок 2 - Схема процесса механизированной сварки в защитных газах

Преимущества МП:

- высокая производительность и легкость автоматизации и механизации процесса;
- отсутствие операций по удалению шлака;
- возможно ведение сварки во всех пространственных положениях;
- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

Недостатки МП:

- необходимо применять защитные меры против световой и тепловой радиации дуги;
- возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха;
- потеря металла на разбрызгивание, при котором брызги соединяются с поверхностями шва и изделия;
- наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

2 Объект и методы исследования

Исходными данными работы являются основные размеры стрелы консольного крана. По этим данным необходимо разработать технологию производства стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой сварки и механизированной сварке в защитных газах и выбрать наиболее оптимальный способ для внедрения в производство.

Стрела консольного крана представляет собой двутавровую балку из стенки и двух полок, листовой прокат которой поставляется по [11], материал СтЗсп. Чертеж стрелы с необходимыми размерами и обозначенными сварными швами приведен в приложении А.

Таблица 1 - Химический состав СтЗсп в процентах по [12]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Sr	N	Cu	As
0,14- 0,22	0,15- 0,3	0,4- 0,65	До 0,3	До 0,05	До 0,04	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 2 - Механические свойства стали СтЗсп

Временное сопротивление, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Ударная вязкость при –20°С, Дж/см ²	Относительное удлинение, %
390	275	29	24

Технические характеристики СтЗсп с учетом модификаций – универсальны. Одно из важных достоинств марки – хорошая свариваемость.

Сплав позволяет применять ручные и автоматические дуговые способы сварки (под флюсом и газом), а также электрошлаковый и контактно-точечный методы.

3 Экспериментальная часть

3.1 Выбор сварочных материалов

Для сварки стрелы консольного крана необходимо подобрать оптимальные сварочные материалы, которые в свою очередь будут обеспечивать равнопрочность сварного соединения. Стрела консольного крана представляет собой двутавровую балку, изготовленную из листового проката марки СтЗсп, которая в свою очередь является низколегированной сталью мартенситного класса.

Под низкоуглеродистыми сталями обычно понимают стали, содержащие не более 0,25% углерода, 0,9% марганца 0,4% кремния и незначительное количество других элементов. Углерод увеличивает возможность закалки стали. Сталь подвержена закалке и отпуску, что значительно увеличивает ее твердость и износостойкость. Однако, сварка углеродистых сталей затруднена по следующей причине: углерод, содержащийся в таких сталях, способствует образованию при сварке кристаллизационных горячих трещин и малопластичных закалочных образований и трещин в околошовных зонах. Металл самого шва отличается по свойствам от основного металла, а углерод снижает устойчивость швов к образованию трещин, усиливая отрицательное влияние серы и фосфора [3].

Низкоуглеродистые стали хорошо свариваются. Чтобы правильно выбрать электроды нужного типа и марки, необходимо учитывать следующие требования:

- равнопрочное сварное соединение с основным металлом;
- бездефектный сварной шов;
- оптимальный химический состав шовного металла;
- устойчивость сварных соединений при вибрационных и ударных нагрузках, повышенных и пониженных температур.

3.1.1 Выбор электродов для РДС

Для сварки металлоконструкций должны применяться электроды диаметром 2,5 - 6 мм. Диаметр в свою очередь определяется в зависимости от толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве. Для сварки корневых слоев шва и для подварки шва с обратной стороны следует применять электроды диаметром 2,5 - 4 мм [3].

Для выбора необходимого электрода, нужно рассмотреть несколько марок отечественных и зарубежных электродов, сравнить их химический состав и механические свойства наплавленного металла:

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла, %, по паспортным данным по [13]

Тип и марка электрода	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
				не более	
ОЗС-23	0,10	0,08 - 0,18	0,4 - 0,6	0,04	0,04
УОНИ-13/45	0,08 - 0,12	0,18 - 0,3	0,55 - 0,7	0,04	0,03
АНО-20	0,10	0,30	0,6 - 0,8	0,04	0,04
ТМУ-46	0,07 - 0,12	0,20 - 0,45	0,6 - 0,9	0,035	0,035
УОНИ-13/55	0,08 - 0,12	0,18 - 0,4	0,8 - 1,0	0,03	0,03

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла при комнатной температуре

Тип и марка электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, d ₅ , %	Ударная вязкость, Дж/см ² (кгс и м/см ²)
	не менее		
ОЗС-23	450(46)	20	98(10)

Продолжение таблицы 4

УОНИ-13/45	410(42)	22	147(15)
АНО-20	470(48)	30	137(14)
ТМУ-46	460(47)	24	-
УОНИ-13/55	490(50)	20	127(13)

Одна из главных характеристик электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей - временное сопротивление. Этот показатель позволяет судить о соответствии прочности металла сварного шва и свариваемой стали. Следует помнить, что использование электродов с большим временным сопротивлением, чем у свариваемой стали, может привести к концентрации сварочных напряжений в сварных швах, что отрицательно отразится на работоспособности сварной конструкции [3]. Следовательно, из вышеперечисленных сталей наиболее подходящий является УОНИ 13/45, т.к. он имеет более близкое значение временного сопротивления к стали Ст3сп (390 кгс/мм²).

3.1.2 Выбор проволоки для МП

При механизированных способах сварки используют проволоку в виде непрерывного плавящегося электрода, намотанного на специальные кассеты [3].

Для выбора необходимой проволоки, нужно рассмотреть несколько марок отечественных и зарубежных проволок, сравнить их химический состав наплавленного металла.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла, по паспортным данным [14]

Марка проволоки	Химический состав, %								
	углерод	кремний	марганец	хром	никель	молибден	сера	фосфор	прочие элементы
							не более		

Продолжение таблицы 5

Св-08А	Не более 0,10	Не более 0,03	0,35-0,60	Не более 0,12	Не более 0,25	-	0,030	0,030	Алюминий не более 0,01
Св-10Г2	Не более 0,12	Не более 0,06	1,50-1,90	Не более 0,20	Не более 0,30	-	0,030	0,030	-
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	Не более 0,20	Не более 0,25	-	0,025	0,030	-
Св-10НМА	0,07-0,12	0,12-0,35	0,40-0,70	Не более 0,20	1,00-1,50	0,40-0,55	0,025	0,020	-

Металл шва в низколегированных сталях содержит небольшое количество азота. Это объясняется его малой концентрацией в пламени. Водород, который остается в шве в значительных количествах и может вызывать в них поры. Окисление FeO за счет углерода с образованием CO также приводит к пористости шва. Поэтому рекомендуется применять проволоки с пониженным содержанием углерода. Выгорание кремния и марганца может привести к снижению пластичности металла шва - механические свойства металла шва могут быть в некоторой степени улучшены горячей проковкой или последующей термообработкой (нормализация или низкотемпературный отжиг) [3]. Следовательно, оптимальной проволокой в данном случае будет являться Св-08Г2С.

3.1.3 Выбор защитного газа для МП

Защитный газ является немаловажным компонентом, обеспечивающим производительность и достойное качество сварочного процесса. Наименование защитного газа говорит само за себя, он нужен для защиты твердеющего расплавленного сварочного шва от окисления, а также от имеющейся в воздухе влаги и примесей, способных снизить устойчивость шва к коррозионным

процессам, привести к возникновению пор и ослабить прочность шва, повлияв на геометрию сварного соединения. К тому же защитный газ необходим еще для того, что бы охладить сварочный пистолет [3].

Необходимо рассмотреть несколько видов защитных газов и газовых смесей для низколегированных сталей и сравнить их особенности, для выбора оптимального защитного газа.

Таблица 6 – Особенности защитных газов и газовых смесей [4]

Защитный газ	Особенности в процессе сварки
$75\%Ar + 25\%CO_2$	Достаточная прочность, небольшое набрызгивание по контуру сварного соединения, высокая устойчивость дуги
CO_2	Глубокое проплавление, большая скорость сварки
$60\%He + 5\%CO_2 + 35\%Ar$	Высокая ударная вязкость, минимальная реакционная способность
Ar	Стабильная дуга и отличная передача электродного материала в ходе сварочного процесса деталей толщиной до 25 мм
$Ar + 1 - 5\%O$	Улучшенная стабильность дуги, отличное слияние контура валика сварного шва, более жидкая управляемая сварочная ванна, минимум прожогов, скорость сварки больше в сравнении со сваркой чистым аргоном

Из представленных в таблице 6 особенностей различных газов и газовых смесей, можно сделать вывод, что для сварки двутавровой балки из стали Ст3сп можно выбрать любую из вышеперечисленных. Поэтому, с точки зрения оптимизации производственного процесса выберем углекислый газ, так как он является наиболее распространенным и дешевым газом.

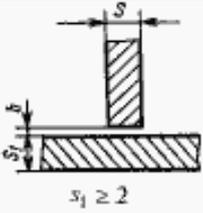
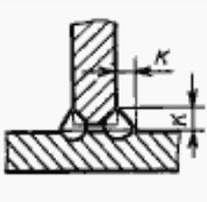
3.2 Расчет параметров режима сварки

3.2.1 Расчет режима для РДС

Для того что бы определить режим сварки необходимо начать с диаметра электрода, который назначают в зависимости от толщины листов при сварке швов стыковых и от катета шва при сварке швов тавровых и угловых соединений.

При ручной дуговой сварке в соответствии с ГОСТ 5264-80 установлены следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Геометрические размеры подготовки кромок и сварного шва по [15]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.
ТЗ			От 2 до 3	0	+1
			Св. 3 до 15		+2
			Св. 15 до 40		+3

Расчет производится согласно формулам и рекомендациям [6,с.180]

Так при толщине листов 10 мм катет шва равен 9 мм. Для катета 9 мм рекомендуется применять электроды диаметром 5-6 мм.

Для определения числа проходов при сварке угловых и тавровых соединений общая площадь наплавленного металла вычисляется по формуле:

$$F_{\text{н}} = \frac{K_y \cdot K^2}{2} = \frac{1,25 \cdot 9^2}{2} = 60,6 \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где K – катет шва;

K_y – коэффициент, учитывающий усиление шва (при $K=9$, $K_y = 1,25$).

Сварка будет вестись за два прохода: корень заварить электродом $d = 3$ мм. Второй проход выполнить электродом диаметром $d = 5$ мм.

Площадь металла, наплавленного за один проход при котором обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять:

- для первого прохода (при проварке корня шва)

$$F_1 = (6 \div 8)d_3 = (6 \div 8) \cdot 3 = 18 \div 24 \text{ мм}^2, \quad (2)$$

- для второго прохода

$$F_1 = (8 \div 12)d_5 = (8 \div 12) \cdot 5 = 40 \div 60 \text{ мм}^2.$$

Определение величины сварочного тока:

при ручной дуговой сварки сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока. Для каждого прохода будет своя сила тока:

$$I_{\text{св}}^1 = \frac{\pi d_3^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} 13 = 90 \text{ А}, \quad (3)$$

$$I_{\text{св}}^2 = \frac{\pi d_5^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} 10 = 200 \text{ А},$$

где j - допускаемая плотность тока (при $d_3 = 3$, $j = 10 \text{ А/мм}^2$, при $d_5 = 5$, $j = 10 \text{ А/мм}^2$).

Определение напряжения на дуге:

напряжение на дуге при дуговой сварке покрытыми электродами изменяется в пределах от 20 до 34 В. При проектировании технологических процессов сварки напряжение выбирается на основании рекомендаций справочников и паспорта на данную марку электрода.

Определение скорости сварки:

$$V_{св}^1 = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 90}{3600 \cdot 0,2 \cdot 7,8} = 0,1 \frac{см}{с} = 3,6 \frac{м}{ч}, \quad (4)$$

$$V_{св}^2 = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 200}{3600 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 0,17 \frac{см}{с} = 6,12 \frac{м}{ч},$$

где α_n – коэффициент наплавки (12 г/А);

γ – плотность стали (7,8 г/см³).

Определение погонной энергии:

$$q_n^1 = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{90 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,11} = 18 \frac{кДж}{см}, \quad (5)$$

$$q_n^2 = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{200 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,17} = 23,5 \frac{кДж}{см},$$

где η_u – эффективный КПД для ручной дуговой сварки ($\eta_u = 0,8$).

Определение глубины проплавления:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V_{св} \cdot c_p \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 90 \cdot 25}{3,14 \cdot 0,1 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 0,75 \text{ см}, \quad (6)$$

где $q = \eta_u \cdot I_{св} \cdot U_{д}$ – эффективная тепловая мощность источника;

c_p – объемная теплоемкость (4,9 Дж/см³ · град).

Следовательно, при ручной дуговой сварке глубина провара:

$$H_{пр} = (0,5 \div 0,7)r = 0,37 \div 0,5 \text{ см}. \quad (7)$$

Определение мгновенной скорости охлаждения:

Мгновенную скорость охлаждения металла при заданной температуре определяют по формуле[7, стр.14]:

$$\omega = 2\pi\lambda c_p \frac{(T - T_0)^3}{\left(\frac{q}{V} \cdot \delta\right)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot 4,9 \frac{(500 - 25)^3}{\left(\frac{1800}{0,1} \cdot 1\right)^2} = 3,9 \frac{°C}{с}, \quad (8)$$

где T_0 – начальная температура изделия, °С;

$T=500$ °С;

λ - коэффициент теплопроводности (по [7] 0,39 Дж/см с град).

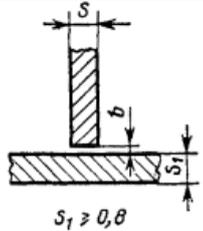
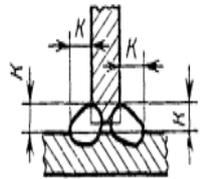
В ходе данных расчётов были выбраны режимы для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, которые обеспечивают формирование геометрии шва согласно [15].

3.2.2 Расчет режима для МП

Основные параметры режима механизированной сварки в защитных газах, оказывающие значительное влияние на формирование шва, являются сила сварочного тока, плотность тока в электроде, напряжение дуги, скорость сварки, род тока и его полярность. При определении режима сварки необходимо выбрать такие параметры, которые обеспечат получение швов заданных размеров, форм и качества [3].

При сварке в аргоне плавящимся электродом в соответствии с ГОСТ 14771-76 установлены следующие размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва (таблица 8).

Таблица 8 – Геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва по [16]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.
ТЗ			От 6 до 20	0	+1,5
			Св. 22 до 40		+2

Расчет производится согласно формулам и рекомендациям [6,с.187]

Выбирается диаметр электродной проволоки согласно рекомендации равным 1,6 мм, катет шва принимаем равным $k=10$ мм.

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2. \quad (9)$$

Определение силы сварочного тока по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi d_э^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} 80 = 350 \text{ А}, \quad (10)$$

где j - допускаемая плотность тока (при $d = 1,6$, $j = 80 \text{ А/мм}^2$).

Определение оптимального напряжения дуги:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot I_{св}}{d_э^{0,5}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 350}{1,6^{0,5}} = 30 \text{ В}. \quad (11)$$

Определение коэффициента провара:

зная сварочный ток, напряжение дуги и диаметр электрода можно посчитать коэффициент провара

$$\psi_{np} = \frac{K'(19 - 0,01 \cdot I_{св})d_э \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (12)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности, определяется по формуле:

$$K' = 0,367 \cdot j_э^{0,1925} = 0,367 \cdot 80^{0,1925} = 0,915. \quad (13)$$

Следовательно, коэффициент провара равен:

$$\psi_{np} = \frac{0,915(19 - 0,01 \cdot 350) \cdot 2 \cdot 30}{350} = 0,62.$$

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяют ширину шва:

$$e = \psi_{np} \cdot F_n = 0,62 \cdot 50 = 3,1 \text{ мм}. \quad (14)$$

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления $\psi_б$ находят высоту валика. Значения $\psi_б$ выбирают в пределах 7-10.

$$g = \frac{e}{\psi_б} = \frac{3,1}{7} = 0,4 \text{ мм}. \quad (15)$$

Определение скорости сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma}. \quad (16)$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p(1 - \psi), \quad (17)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки;

ψ – коэффициент потерь.

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{св}} \frac{l}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{350} \frac{10}{2^2} = 9,26 \frac{с}{А} \cdot ч, \quad (18)$$

где l – вылет электродной проволоки, согласно рекомендациям он равен 10 мм;

$$\begin{aligned} \psi &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_3 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_3 \\ &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 80 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 80 = 9,6\%. \end{aligned}$$

Коэффициент наплавки равен:

$$\alpha_n = 9,26(1 - 0,096) = 8,4 \frac{с}{А} \cdot ч.$$

Следовательно, скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{8,4 \cdot 350}{3600 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 0,3 \frac{см}{с} = 10,8 \frac{м}{ч}.$$

Определение скорости подачи электродной проволоки:

$$V_{н.э.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{F_{эл} \cdot \gamma \cdot 3600} = \frac{9,26 \cdot 350}{0,314 \cdot 7,8 \cdot 3600} = 0,39 \frac{см}{с} = 14 \frac{м}{ч}, \quad (19)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки (3,14 мм²).

Определение погонной энергии:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{350 \cdot 30 \cdot 0,84}{0,3} = 3806 \frac{Дж}{см}, \quad (20)$$

где η_u – эффективный КПД для механизированной сварки ($\eta_u = 0,84$).

Определение глубины провара:

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)r, \quad (21)$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q_n}{\pi \cdot e \cdot c_p \cdot T_{нл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3806}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 4,7 \cdot 1500}} = 1,3 \text{ см}, \quad (22)$$

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)1,3 = 0,65 \div 0,91 \text{ см}.$$

В ходе данных расчётов выбрали режимы для механизированной сварке в среде защитных газов, которые обеспечивают формирование геометрии шва согласно [16].

3.3 Выбор источников питания для сварки

При выборе необходимого источника питания необходимо обращать внимание на базовые характеристики [5]:

- напряжение сети – от него зависит количество фаз, в которых работает прибор;
- номинальный сварочный ток – у бытовых моделей он находится около отметки 100А, профессиональные изделия могут давать до 1000А;
- широкие пределы регулирования сварочного тока позволяют использовать электроды разного диаметра. Для бытовых моделей характерны значения около 50-200А;
- номинальное рабочее напряжение – напряжение на выходе из устройства. Для дуговой сварки достаточно 30-70В;
- номинальный режим работы определяет, сколько прибор может проработать непрерывно;
- напряжение холостого хода – важная характеристика для дуговой сварки. По правилам безопасности она не может превышать 80В, но чем ближе напряжение холостого хода к этой границе, тем проще вызвать дугу;
- потребляемая мощность и мощность на выходе позволяют рассчитать КПД устройства. Чем он выше, тем эффективнее работает прибор.

3.3.1 Выбор источника питания для РДС

Для ручной дуговой сварки были выбраны электроды УОНИ 13/45, которые по [17] пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников питания сварочного тока для ручной дуговой сварки покрытыми электродами является крутопадающая внешняя статическая характеристика. Данная характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и обеспечивает устойчивый процесс сварки.

Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [5].

Необходимо рассмотреть несколько видов сварочных инверторов для ручной дуговой сварки зарубежных и отечественных производителей, сравнить их технические характеристики и выбрать наиболее подходящий из приведенных в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики сварочных инверторов для РДС [10]

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Форсаж-180 (Россия)	EWM PICO-162 (Германия)	Kaierda ARC-160 (Китай)	CHD ZX7-400 (Россия)
Диапазон регулирования выходного тока, А	15-180	10-150	20-160	20-400
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	21-27	20,4-26	20,8-26,4	21-36
Напряжение холостого хода, В	50-75	105	70	72
Выходной ток при ПН*=100%, А	140	100	110	310
Выходное напряжение при ПН*=100%, В	25	24,6	24,4	32,5
Потребляемая мощность, кВА	7,8	6	7,5	14,4

Продолжение таблицы 9

Минимальная мощность генератора, кВА	10	7,8	9,8	18,7
Питающее сетевое напряжение	1 фаза 140-250 В, 50/60 Гц	1 фаза 138-264,5 В, 50/60 Гц	1 фаза 220 В, 50/60 Гц	3 фазы 373,5-456,5 В, 50/60 Гц
Габаритные размеры, мм	295x155x160	430x115x225	390x260x330	500x225x480
Масса, кг	4	4,8	4	30
Цена, руб	14080	34626	23800	19288

* - продолжительность нагрузки при цикле сварки 10 минут

Из рассмотренных сварочных инверторов подходит под режимы, рассчитанные в пункте 2.2.1, только CHD ZX7-400. Поэтому при изготовлении стрелы консольного крана ручной дуговой сварки необходимо использовать именно этот источник питания.

3.3.2 Выбор источника питания для МП

Для механизированной сварки используем проволоку СВ-08Г2с, которые по [14] пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников сварочного тока для механизированной сварки является жесткая внешняя статическая характеристика. Такая характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и устойчивость процесса сварки. Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [5].

Необходимо рассмотреть несколько видов сварочных инверторов для механизированной сварки в среде защитных газов зарубежных и отечественных производителей, сравнить их технические характеристики и выбрать наиболее подходящий из приведенных в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики сварочных инверторов для МП [10]

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Rolwal MIG-185T (Китай)	Форсаж-200ПА (Россия)	CHD MIG-210 (Россия)	CHD MIG-500D (Россия)
Диапазон регулирования выходного тока, А	40-170	15-200	50-210	60-500
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	16-22,5	21-28	16,5-24,5	17-39
Напряжение холостого хода, В	50	65-100	50	50
Выходной ток при ПН*=100%, А	125	140	162	387
Выходное напряжение при ПН*=100%, В	25	21	22	34
Потребляемая мощность, кВА	6,1	11	6,4	26
Минимальная мощность генератора, кВА	7,9	14,3	8,3	33,8
Питающее сетевое напряжение	1 фаза 220 В, 50/60 Гц	1 фаза 138-264,5 В, 50/60 Гц	1 фаза 187-253 В, 50/60 Гц	1 фаза 138-264,5 В, 50/60 Гц
Габаритные размеры, мм	496x305x400	445x245x335	700x420x700	636x322x584
Масса, кг	16	12,5	25	50

Продолжение таблицы 10

Цена, руб	19340	39900	26400	31767
-----------	-------	-------	-------	-------

* - продолжительность нагрузки при цикле сварки 10 минут

Из рассмотренных сварочных инверторов подходит под режимы, рассчитанные в пункте 2.2.2, только CHD MIG-500D. Поэтому при изготовлении стрелы консольного крана ручной механизированной сваркой в среде защитных газов необходимо использовать именно этот источник питания.

3.4 Ориентировочная оценка химического состава и механической характеристики шва

Влияние химических элементов, входящих в основной металл, является значительным фактором для образования сварного соединения, который необходимо учитывать при разработке технологии сварки. Так же подбором химического состава сварочных материалов по можно регулировать химический состав и механические свойства металла шва в самых широких пределах [6].

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения по формуле, [6, с.55]:

$$[R]_{ш} = [R]_{ом} \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot [R]_э \pm \Delta R, \quad (23)$$

где $[R]_{ш}$ – содержание элемента в шве или проходе, %;

$[R]_{ом}$ – содержание элемента в основном металле, %;

$[R]_э$ – содержание элемента в электродной проволоке или наплавленном металле покрытыми электродами;

$\pm \Delta R$ – изменение содержания элемента в процессе сварки, в результате его выгорания из сварочной ванны или перехода из флюса или электродного покрытия в сварочный шов;

$(1 - \gamma_0)$ – доля участия электродного металла в металле шва;

γ_0 – доля участия основного металла в металле шва.

3.4.1 Ориентировочная оценка для МП

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}, \quad (24)$$

где F_{np} – площадь проплавления основного металла;

F_n – площадь наплавленного металла.

$$F_{np} = \frac{\pi \cdot \psi_{np} \cdot H^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,62 \cdot 8^2}{4} = 48,67 \text{ мм}^2. \quad (25)$$

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{48,67}{48,67 + 50} = 0,49.$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка [6].

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах химический состав СтЗсп и проволоки Св-08Г2С.

Таблица 11 - Химический состав СтЗсп в процентах

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	N	Cu	As
0,14- 0,22	0,4- 0,65	0,15- 0,3	До 0,3	До 0,04	До 0,05	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 12 - Химический состав наплавленного металла проволокой Св-08Г2С в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0,05- 0,11	0,7- 0,95	1,8- 2,1	До 0,25	До 0,025	До 0,03	До 0,2	До 0,008

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом в среде аргона по формуле 23:

$$[C]: R_{ш} = 0,18 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,07 = 0,12\%,$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,23 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,82 = 0,53\%,$$

$$[Mn]: R_{ш} = 0,53 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 1,9 = 1,23\%,$$

$$\begin{aligned}
[Ni]: R_{uu} &= 0,3 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,25 = 0,27\%, \\
[S]: R_{uu} &= 0,05 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,025 = 0,037\%, \\
[P]: R_{uu} &= 0,04 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,021\%, \\
[Cr]: R_{uu} &= 0,3 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,2 = 0,25\%, \\
[N]: R_{uu} &= 0,008 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,008 = 0,008\%.
\end{aligned}$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла швов позволило установить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчета ожидаемых механических характеристик металла шва низколегированной стали. Поэтому для конструкционных сталей рекомендуется использовать эмпирические зависимости [6, с.58]

Предел прочности:

$$\begin{aligned}
\sigma_{\text{вн}} &= 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni \\
&= 4,8 + 50 \cdot 0,44 + 25,2 \cdot 1,23 + 17,5 \cdot 0,53 + 23,9 \cdot 0,25 + 7,7 \cdot 0,27 \\
&= 53,9 \text{ МПа}.
\end{aligned} \tag{26}$$

Относительное удлинение шва:

$$\begin{aligned}
\delta_{uu} &= 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni) \\
&= 50,4 - (21,8 \cdot 0,44 + 15 \cdot 1,23 + 49 \cdot 0,53 + 5,8 \cdot 0,25 + 2,4 \cdot 0,27) \\
&= 21,6 \%.
\end{aligned} \tag{27}$$

Ударная вязкость шва при $T = 293 \text{ K}$:

$$\begin{aligned}
KCU_{uu} &= 23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni) \\
&= 23,3 - (25,7 \cdot 0,44 + 6,4 \cdot 1,23 + 8,4 \cdot 0,28 + 2,4 \cdot 0,21 + 1,6 \cdot 0,29) \\
&= 11,5 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}.
\end{aligned} \tag{28}$$

Предел текучести шва:

$$\sigma_{\text{тн}} = 0,73 \cdot \sigma_{\text{вн}} = 0,73 \cdot 41,9 = 30,6 \text{ МПа}. \tag{29}$$

Относительное поперечное сужение:

$$\psi_{uu} = 2,32 \cdot \delta_{uu} = 2,32 \cdot 21,6 = 50,1 \%. \tag{30}$$

Согласно рекомендациям приведенных в [6] данные эмпирической зависимости следует использовать для легирующих сталей, а СтЗсп является

конструкционной, которая содержит только обычные примеси. Следовательно, расчеты механических характеристик металла шва будут неверны. Поэтому можно привести типичные механические свойства наплавленного металла по [13] (таблица 13).

Таблица 13 – Типичные механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08Г2С

Материал	Проволока	Температура испытаний, °С	σ_T	σ_p	δ	ψ	a_n , кгс·м/см ²
			МПа		%		
СтЗсп	Св-08Г2С	20	490	642	45	21	13

3.4.2 Ориентировочная оценка для РДС

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}$$

$$F_{np} = 0,73 \cdot e \cdot H = 0,73 \cdot 6 \cdot 5 = 21,9 \text{ мм}^2, \quad (31)$$

где e – ширина валика (примем 6 мм).

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{21,9}{21,9 + 60,6} = 0,26.$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка.

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах химический состав СтЗсп и проволоки Св-08Г2С.

Таблица 14 - Химический состав СтЗсп в процентах

С	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	N	Cu	As
0,14-0,22	0,4-0,65	0,14-0,3	До 0,3	До 0,04	До 0,05	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 15 - Химический состав наплавленного металла электродом УОНИ 13/45 в процентах

C	Si	Mn	S	P
0,08- 0,12	0,18- 0,3	0,55- 0,7	До 0,03	До 0,04

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом ручной дуговой сварки по формуле 23:

$$[C]: R_{ш} = 0,18 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,09 = 0,13\%,$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,23 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,25 = 0,24\%,$$

$$[Mn]: R_{ш} = 0,53 \cdot 0,92 + (1 - 0,26) \cdot 0,63 = 0,6\%,$$

$$[S]: R_{ш} = 0,05 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,03 = 0,035\%,$$

$$[P]: R_{ш} = 0,04 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,04 = 0,04\%.$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла шва так же, как и для механизированной сварки подсчитать по формулам [6, с.58] не возможно. Следовательно, можно привести типичные механические свойства наплавленного металла по [13] (таблица 16).

Таблица 16 - Типичные механические свойства наплавленного металла электродом УОНИ 13/45

Материал	Электрод	Температура испытаний, °С	σ_T	σ_p	δ	ψ	a_n , кгс·м/см ²
			МПа		%		
СтЗсп	УОНИ 13/45	20	450	612	48	22	15

3.5 Расход сварочных материалов

3.5.1 Расчет расхода покрытых электродов

Необходимый расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке можно посчитать по формуле [6, с. 61]

$$G_э = G_n(1,6 \dots 1,8), \quad (32)$$

где G_n – масса наплавленного металла, определяемая по формуле:

$$G_n = F_n \cdot l_{ш} \cdot \gamma_n, \quad (33)$$

где F_n – площадь наплавки;

$l_{ш}$ – длина шва или провариваемого участка;

γ_n – плотность наплавленного металла.

$$G_n = 0,6 \cdot 1200 \cdot 7,8 = 5616 \text{ з},$$

$$G_э = 561 \cdot 1,6 = 9547,2 \text{ з}.$$

Следовательно, для выполнения двух проходов электродами УОНИ 13/45 при изготовлении стрелы консольного крана, цена будет равна около 1320 рублей.

3.5.2 Расчет количества электродной проволоки

Для механизированных способов сварки плавящимся электродом в среде защитных газов количество электродного металла определяется в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке ψ_n .

$$G_э = G_n(1 + \psi_n), \quad (36)$$

$$G_n = 0,5 \cdot 1200 \cdot 7,8 = 4680 \text{ з},$$

$$G_э = 4680(1 + 0,096) = 5129,3 \text{ з}.$$

Следовательно, для выполнения шва электродной проволокой СВ-08Г2С при изготовлении стрелы консольного крана, цена будет равна около 780 рублей.

3.5.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах

Для того чтобы определить общий объем газа, необходимо учесть время на выполнение сварного шва. Зная длину провариваемого участка и скорость перемещения сварочной горелки, можно определить время для выполнения сварного соединения

$$t = \frac{l_{шс}}{V_{св}} = \frac{1200}{0,3} = 4000 \text{ с}. \quad (37)$$

Зная время на выполнение сварного соединения, можно посчитать объем газа:

$$Q_2 = t \cdot Q_{min} = 66,6 \cdot 20 = 1332 \text{ л}, \quad (38)$$

где Q_{min} – расход газа, назначенный при расчете режимов сварки, л/мин (при сварке больших толщин расход газа составляет 15-20 л/мин);

t – время сварки, мин.

Следовательно, для изготовления двутавровой балки длиной 3 метра механизированной сваркой необходимо закупить 32 баллона с углекислым газом по 40 литров, что обойдется в 22750 рублей.

3.6 Описание технологии сборки и сварки

Для подготовки металла под сборку и сварку необходимо выполнить такие операции, как: правка, отчистка, разметка, механическая обработка с получением необходимых размеров [8, с. 28]. Разметка осуществляется путём переноса натуральных размеров детали с чертежа на металл. При разметке заготовок необходимо учитывать укорочение их в процессе сварки конструкции. Поэтому предусматривается припуск из расчёта 0,1-0,2 мм на 1 м продольного шва [8, с.28].

Затем производится правка, с помощью которой ликвидируют деформацию прокатной стали. Листовой металл правят в холодном состоянии на листопрямильных вальцах, а наиболее деформированный металл правят в горячем состоянии.

Перед сваркой непосредственно стоит задача сборки конструкции, а именно установление и фиксация деталей в предусмотренном проекте положении. Сборка под сварку является одной из трудоемких и достаточно сложных операций, так как должна обеспечиваться качественная сварка всей конструкции. Для этого необходимо выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не было нарушено в процессе сварки и кантовки, а также и возможной транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки.

Для изготовления двутавровой балки первой операцией является раскрой листового металла на полосы - штрипс нужной длины и ширины, который

производится на установке термической резки с ЧПУ, позволяющей распускать лист одновременно несколькими резаками. Скорость резки доходит до 1 метра в минуту, в зависимости от толщины металла.

Следующей операцией является сборка балки двутавровой, которая должна быть достаточно точной, особое внимание уделяется симметрии расположения и взаимной перпендикулярности полки и стенки. Сборка на стеллаже с помощью простейших приспособлений является трудоёмкой и может применяться только в единичном производстве. Использование станов для сборки двутавровых балок дает возможность повысить производительность сборочных операций в несколько раз.

С помощью стана для сборки двутавровых балок Z15, достигается симметрия расположения стенки относительно полки балки, которая обеспечивает взаимную перпендикулярность полки и стенки балки. Сборка двутавровой балки происходит в 2 этапа: сборка профиля Т-образной формы, затем балка кантуется на 180° и собирается двутавр.

Эффект использования сборочного стана достигается быстродействием и надёжностью механизма позиционирования элементов. Закрепление и освобождение элементов балки по всей длине с помощью винтов занимает достаточно большое количество времени, поэтому наиболее производительнее и удобнее использование в работе приспособлений, которые оснащены гидравлическими прижимными механизмами.

Затем идет сварка листов в стане. Приёмы и последовательность, применяемые для наложения швов, могут быть разнообразными. Выполнение швов «в лодочку» обеспечивает наилучшие условия для формирования шва и глубины проплавления стенки, но поворачивать изделие, приходится после сварки каждого шва. Поэтому используют позиционеры-кантователи. Для предотвращения краевого эффекта и образования прожога в начале ведения сварки, используют закладные планки. Так же, сварку продолжительных швов необходимо вести обратно-ступенчатым способом.

При несоблюдении технологии сборки и сварки возможны следующие деформации:

- выпуклость;
- угловая деформация (образование «домика»);
- продольная деформация

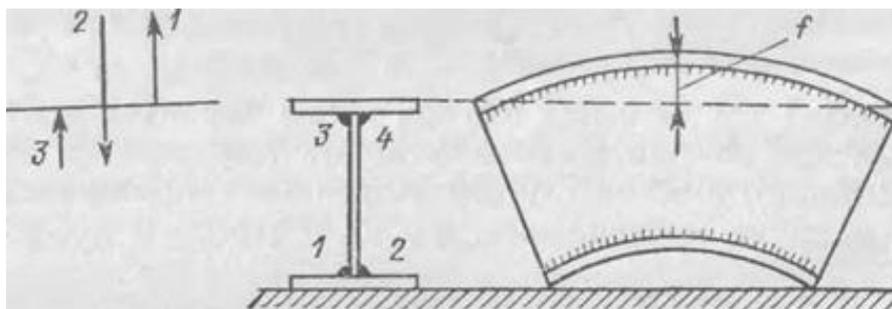


Рисунок 3 - Деформация сварной двутавровой балки

При механизированной сварке двутавровой балки для получения прямой балки можно рекомендовать следующее: швы 1 - 2 выполнять на большой скорости при меньшем, чем требуется, сечении швов, затем выполнить швы 3 - 4 полным сечением и после вторичной кантовки перекрыть швы 1 - 2 до требуемого размера.

Избежать изгиба двутавровой балки в вертикальной плоскости можно, выполняя одновременно оба поясных шва с одной стороны стенки (например, швы 1 - 3) при горизонтальном положении балки, затем швы с другой стороны стенки (2 - 4).

После сварки швов 1 - 3 возникнет незначительная деформация балки в горизонтальной плоскости в направлении от швов 2 - 4 вправо, а после сварки швов 2 - 4 эта деформация несколько уменьшится. Остаточная деформация в горизонтальной плоскости будет небольшой, так как первые и вторые швы располагаются почти по оси балки.

Для внедрения технологии сборки и сварки стрелы консольного крана в производство был разработан комплект технологических документов для ручной дуговой сварки, который приведен в приложении Б.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления конкретными проектными решениями на этапе реализации.

В данном разделе все расчеты и рекомендации были выполнены согласно [9].

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки стрелы консольного крана» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в определении оптимального способа сварки для производства стрелы консольного крана.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Таблица 17 - Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Кол-во дефектов на 1 см сварного шва	1,2	-	3
	Разбрызгивание электродного металла	1	2	2,3
	Глубина проплавления, мм	3,2	3	1

где 1 – механизированная сварка в среде защитных газов;

2 – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

3 – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Механизированная сварка, как видно из сегментирования, хороший способ сварки, который может получать качественные сварные соединения.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 18 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3

Продолжение таблицы 18

2. Затраты сварочного материала	0,2	5	1	5	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Цена	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
3 Конкурентно-способность работы	0,25	5	2	4	1,25	0,5	1
Итого	1	30	20	29	5	2,35	3,75

где B_{ϕ} – механизированная сварка в среде защитных газов;

$B_{к1}$ – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

$B_{к2}$ – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (39)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Итогом данного анализа является то, что метод предложенный в данной выпускной квалификационной работе эффективнее, чем методы конкурентов

4.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 19 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С2. Широкая область применения</p> <p>С3. Использование современного оборудования</p> <p>С4. Актуальность проекта</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя</p>	<p>Сл1. Развитие новых технологий</p> <p>Сл2. Перенастройка оборудования</p> <p>Сл3. Требуется два источника питания</p> <p>Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В2. Регулирование производительности</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Снижение государством финансирования темы</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.</p> <p>У4. Отсутствие спроса на технологию</p>		

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы проекта, которые представлены в таблицах 20, 21, 22, 23.

Таблица 20 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности Проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C2C3C4C5, B2B4C1C2C3C4C5, B3C3C4C5.

Таблица 21 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	+
	B2	+	-	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: B2Сл1Сл3, B3B4Сл1.

Таблица 22 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы Проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-
	У4	-	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1С4С5, У4С3С4.

Таблица 23 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	-	+	-	-
	У3	-	-	-	-
	У4	-	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и угрозы: У1Сл1Сл2Сл3.

Таблица 24 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Широкая область применения С3. Использование современного оборудования С4. Актуальность проекта С5. Наличие опытного руководителя	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Перенастройка оборудования Сл3. Требуется два источника питания Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности: В1. Получение качественных сварных соединений В2. Регулирование производительности В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	В4С1С3 – возможность использования технологий для сварки других материалов не взирая на толщину, В2В3С4С5 – некоторые виды сплавов вообще не рекомендуется дополнительно механически очищать.	В1В2Сл.1Сл.2 – с повышением цен на комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство, В3В4Сл3Сл4 – повышение цены на подготовку персонала и оборудование

Продолжение таблицы 24

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Снижение государством финансирования темы</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.</p> <p>У4. Отсутствие спроса на технологию</p>	<p>У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии,</p> <p>У2С1С3 – шов станет длинней, потребует проработки новых тех. карты.</p>	<p>У1Сл.2; У3Сл.1Сл.2 – уменьшения разбрызгивания потребует повышения мощности источника, а у многих они и так работают на пределах своих возможностей..</p>
---	--	--

На основе SWOT-анализа были показаны проблемы и возможности данной технологии. Для данного НТИ характерен баланс сильных сторон и возможностей (получения высокоэффективного оборудования для сварки), а так же слабых сторон и угроз (требование множества ресурсов), то есть разрабатываемая технология находится в достаточно стабильных условиях. Для получения дополнительно конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт.

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице 25, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при

оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать [9].

Таблица 25 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	0	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	3

Продолжение таблицы 25

9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	0	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ		43	55

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (40)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Анализируя выше приведенную таблицу, значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить

полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок, одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания [9].

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной ВКР выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это предприятия строительства и машиностроения в России и странах зарубежья.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 26 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент, научный руководитель
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	Студент, научный руководитель
	8	Проведение расчетов по теме	Студент
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Студент, научный руководитель
	10	Вывод по цели	Студент

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} . \quad (41)$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}. \quad (42)$$

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (43)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (44)$$

где $T_{кал} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 27, после заполнения таблицы 27 строим календарный план-график (табл. 28).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 27 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}				
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожи}$, чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3						Исп.1	Исп.2
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	5	5	5
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	4	4	4
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	4	4	4
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	4	5	5
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	5	5	5
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	17	17	17
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	7	8	8
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	7	8	8	12	13	13
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	5	5	5
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	6	6	6

Таблица 28 - Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5	■												
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	4		■											
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	4		■											
4	Выбор направления исследований	Руководитель	4			■										
5	Календарное планирование работ	Руководитель	5			■										
6	Изучение литературы по теме	Студент	17			■	■	■	■	■						
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	7							■	■					
8	Проведение расчетов по теме	Студент	12							■	■	■	■			
9	Анализ результатов	Студ.-рук.	5										■	■		
10	Вывод по цели	Студент	6											■	■	■

 – студент;
  – руководитель.

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на специальное оборудование для научных работ.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (45)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 29 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Мощность электроприбора, кВт			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Компьютер	1	1	1	0,350	0,360	0,340	40500	41800	50000
	Итого:	1	1	1	1,28	1,275	1,281	40500	41800	50000

Расчет на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_3 = \sum N_i \cdot T_3 \cdot Ц_3, \quad (46)$$

где N_i - мощность электроприборов по паспорту, кВт;

T_3 - время использования электрооборудования, час;

$Ц_3$ – цена одного кВт ·ч, руб.

$$E_3 = 1,28 \cdot 250 \cdot 4,36 = 1395,2 \text{ руб.}$$

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Линейная амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{C}{T_{об}} = \frac{40500}{10} = 4050 \text{ руб.} \quad (47)$$

Таблица 30 - Расчет основной заработной платы

Исполнители по категориям	Оклад, руб.	Районный коэффициент	Месячная зарплата, руб./мес.
Руководитель	29744	1,3	38667
Студент	5000	1,3	6500

Таблица 31- Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (48)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды .

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Таблица 32 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	38667	36893	41432	3129	2978	3237
Студент	6500	7900	5750	1400	1534	2020
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%					
Итого						
Исполнение 1	6501					
Исполнение 2	6187					
Исполнение 3	6725					

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}}. \quad (49)$$

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 33.

Таблица 33 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	45176	45793	47182
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4529	4412	5257
3. Отчисления во внебюджетные фонды	6501	6187	6725
4. Накладные расходы	4879	5021	4981
5. Линейная амортизация	4050	4180	5000
6. Бюджет затрат НИИ	65135	66912	70140

При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (50)$$

где Φ_{pi} – стоимость i-ого варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта.

$$I_{\Phi}^p = \frac{35370}{35906} = 0,98;$$

$$I_{\Phi}^1 = \frac{35906}{35906} = 1;$$

$$I_{\Phi}^2 = \frac{35335}{35906} = 0,98;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (51)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже.

Таблица 34 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1)Производительность труда	0,3	5	3	4
2)Технологичность	0,1	5	5	4
3)Энергосбережение	0,14	5	4	3

Продолжение таблицы 34

4)Безопасность	0,12	4	3	4
5)Затраты на материалы	0,3	5	4	3
ИТОГО	1	4,55	3,35	2,85

По формуле 49 и данным таблицы 34 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности и финансовый показатель.

$$I_m^p = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,14 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 = 4,55;$$

$$I_m^{a1} = 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,14 \cdot 4 + 0,12 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 = 3,35;$$

$$I_m^{a2} = 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,14 \cdot 3 + 0,12 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 = 2,85;$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad (52)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,55}{0,98} = 4,64.$$

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,35	2,85

Продолжение таблицы 35

3	Интегральный показатель эффективности	4,64	3,35	2,91
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,4	1,6

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости текущей разработки с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен предпроектный анализ, планирование научно-исследовательских работ, планирование бюджета НТИ и оценка сравнительной эффективности проекта.

На основе SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта. Для данного НТИ характерен баланс сильных сторон и возможностей (получения высокоэффективного оборудования для сварки), а так же слабых сторон и угроз (требование множества ресурсов). Для получения дополнительно конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

При планировании НТИ была определена группа процессов планирования, которая состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей, таких как: создание темы проекта, выбор направления исследования, теоретические исследования, оценка полученных результатов. Далее для достижения данных целей, была разработана последовательность действий.

При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов,

необходимых для его выполнения. Итоговая сумма бюджета составила 65135 рублей.

После проделанного анализа, можно сделать вывод о том, что данный способ сварки имеет много больше ресурсных, финансовых и экономических достоинств по сравнению с аналогами:

- из расчета бюджета затрат НИИ сумма второго исполнения составила 66912 рублей, а третьего – 70140 рублей, что является более затратным по сравнению с рассматриваемым способом;
- временные показатели проведения научного исследования, которые приведены в таблице 25, второго и третьего исполнения так же выше, чем в данном проекте, что увеличиваем их трудоемкость.

Следовательно, данное исследование является наиболее оптимальным и тем самым является востребованным на рынке.

5 Социальная ответственность

Объектом исследования данной работы является технология сборки и сварки стрелы консольного крана. Для изготовления данного узла необходимо оборудованное помещение для ведения сборочных и сварочных работ, такие как: углошлифовальная машина, сборочно-сварочный стенд, источники питания для сварки, балластный реостат, баллоны с защитным газом.

В этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

5.1 Производственная безопасность

Рабочим местом является отдельное помещение (лаборатория). Так как данное помещение находится внутри здания, на работающего возможны действия следующих вредных и опасных факторов: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, уровень ультрафиолетовой радиации ГОСТ 12.0.003-2015, электрический ток, пожар. Воздействие вредных производственных факторов на работающих может привести к заболеванию и снижению производительности труда.

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при выполнении сварочных работ для производства стрелы консольного крана.

Таблица 36 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ сборки и сварки стрелы консольного крана

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа в лабораторных условиях: 1. Очистка поверхностей от загрязнений и ржавчины; 2. выполнение разделки кромок; 3. сборочные работы; 4. сварочные работы.	1. Отклонение показателей микро-климата в производственных помещениях; 2. превышение уровня шума и вибрации; 3. недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны.	1. поражение электрическим током; 2. брызги металла; 3. повышенная температура.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ, ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ, ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ, ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, СанПиН 2.2.4.548–96, СН 2.2.4/2.1.8.562–96, СН 2.2.4/2.1.8.566–96, СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.2.540-96.

Для минимизации воздействия вредных и опасных факторов необходимо более подробно их анализировать и предложить средства коллективной и индивидуальной защиты.

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 12.3.003-86.

1. Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005–88

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

2. Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечнососудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Главным источником шума при ведении сварочных работ является источник питания. Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены

в ГОСТ 12.1.035–81. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

3. Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк (СНиП 23-05-2010).

Различают естественное и искусственное освещение. Естественное – обуславливают световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей, и диффузионным светом неба, т.е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды. Искусственное освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры. Основными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

4. При работе с источниками питания может произойти поражение электрическим током. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79. Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку.

5. Вредные вещества в воздухе в виде паров, газов и аэрозолей (пыли) - химические вещества, вызывающие в производственных условиях нарушение нормальной жизнедеятельности организма, являющиеся причиной острых и хронических интоксикаций.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

В таблице 39 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 39 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

5.1.2 Обоснования мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

1. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах соответствуют требованиям Санитарных правил и нормативов «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» СанПиН 2.2.4.548-

96 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый период года.

Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны и предотвратить различные переохлаждения и перегревания организма в небольших помещениях устанавливают кондиционеры. С помощью кондиционирования воздуха в закрытых помещениях можно поддерживать необходимую температуру, а также скорость движения воздуха.

Микроклимат производственных помещений рекомендуется поддерживать на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

2. Для снижения шума в помещениях используют средства звукоизоляции и звукопоглощения, устанавливают глушители шума и рационально продумывают технологию производства с использованием малошумных технологических процессов. Также в качестве индивидуальных средств защиты от шума применяют различные противозумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и костюмы.

В лаборатории, которой ведутся сварочные работы, главным источником шума является источник питания, который по характеру спектра является широкополосным.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) изоляции источников шумов;
- 2) проведение акустической обработки помещения;
- 3) создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;
- 4) проведение профилактических работ.

3. Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности ($K_{п}$) должен быть не больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

4. К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током);
- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

5. Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточно-

вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также местными устройствами.

Местная вытяжная вентиляция, удаляя вредные вещества из помещения, должна препятствовать их попаданию в зону дыхания рабочего. Местный отсос можно считать удовлетворительно работающим, когда он удаляет вредности по принципу «от рабочего».

Нередко источник выделения вредных веществ укрывают зонтом, под которым находится рабочий, что совершенно недопустимо, так как через зону дыхания в этом случае проходят все вредные вещества. Поэтому, на рабочих местах в зоне сварки нужно установить аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом.

Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

В специальных помещениях или металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 40.

Таблица 40 – Скорость движения воздуха, создаваемая отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс сварки	V, м/с
Сварка ручная	$\geq 0,5$
Механизированная сварка в среде защитных газов	$\geq 0,3$

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшееся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

5.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы.

5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), а также газообразные соединения (фтористые, оксиды углерода и азота, озон и др.). Для определения влияния на окружающую среду загрязняющих веществ необходимо воспользоваться ГОСТ Р 56164-2014, в котором приведены удельные показатели и их допустимые пределы (таблица 41).

Таблица 41 – Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при сварке и наплавке металлов

Технологический процесс	Используемый материал и его марка	Наименование и удельные количества выделяемых загрязняющих веществ, г/кг							
		Сварочный аэрозоль	Железа оксид	Марганец и его соединения	Хром шестивалентный	Пыль неорганическая SiO ₂	Фтористый водород	Диоксид азота	Диоксид углерода
Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами	УОНИ – 13/45	16,4	10,69	0,92	-	1,4	0,75	1,5	13,3

Продолжение таблицы 41

В среде защитного газа электродной проволокой	Св-08Г2С	10	7,62	1,9	-	0,43	-	-	-
---	----------	----	------	-----	---	------	---	---	---

Значения показателей находятся в допустимых пределах. Значительного влияния на атмосферу процесс не оказывает, а следовательно и мероприятия по защите окружающей среды не предусматривает.

При ведении сварочных работ возможны следующие отходы: использованные электроды, шлак, которые в ходе их непригодности выкидываются в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Следовательно, вредных выбросов в литосферу и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования

При проведении исследования могут возникнуть чрезвычайные ситуации, такие как пожар и поражение электрическим током.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами могут быть: недостаточная электрическая изоляция, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость, теснота помещения и другие факторы.

5.3.2 Обоснования мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

С целью предотвращения пожаров необходимо:

- уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
- курить только в отведенных для курения местах;
- в случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу;
- сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция

данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

В случае возникновения пожара необходимо:

- оповестить работающих в производственном помещении и принять меры к тушению очага пожара;
- горящие части электроустановок и электропроводку, находящуюся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем;
- принять меры к вызову на место пожара непосредственного руководителя или других должностных лиц.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

При выполнении сварочных работ необходимо следовать требованиям ТК РФ. Для обеспечения безопасности на рабочем месте нужно проводить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Ведение сварочных работ предполагает использование некоторых мер предосторожности и средства индивидуальной защиты, таких как защитные костюмы, перчатки, защитные очки и маски, специальная обувь, средства защиты органов слуха.

У сотрудников, которые заняты на работах во вредных или опасных условиях, продолжительность рабочего времени сокращается на 4 часа в

неделю. То есть она не должна превышать 36 часов в неделю (ч. 1 ст. 92 ТК РФ). При этом ежедневная рабочая смена при 36-часовой рабочей неделе не может превышать 8 часов, а при рабочей неделе 30 часов и менее – 6 часов (ч. 2 ст. 94 ТК РФ).

Во избежание несчастных случаев следует проводить обучение, инструктаж по технике безопасности и проверять знания работников.

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к размещению систем питания для сварки в динамическом режиме, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

- Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.
- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.
- Расстояние от стены до источника питания должно быть не менее 0,5 м.
- Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2 м.

- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.
- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение

продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

Предприятие эксплуатируется и оборудуется согласно основными правовыми нормами:

- ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92)
- ГОСТ 12.1.038-83 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
- ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих. Классификация;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;
- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология производства стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах. Можно сделать вывод по проделанной работе, что производство данного узла возможно обоими способами.

Для решения актуальной задачи необходимо было сравнить ручную дуговую и механизированную сварку с точки зрения оптимизации производственного процесса. Из проделанного анализа более оптимальным способом является ручная дуговая сварка, так как издержки на сварочные материалы и оборудования будут значительно ниже, чем при механизированной сварке в среде защитных газов, не смотря на то, что затраты на время сварки у второго способа меньше.

Однако до начала производства по данным режимам обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводилась по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, в которых в свою очередь нередко встречаются противоречивые данные.

Данная работа не несет в себе научной и социальной значимости. Сравнение двух видов сварки определенного узла несет в себе экономическую цель, которая в свою очередь оптимизирует производственный процесс.

Список использованных источников

- 1 Рыбаков В. М. Дуговая и газовая сварка. - М: Высшая школа, 1988. – 208 с.
- 2 Стеклов О. И. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG). – Москва: Из-во СОУЭЛО, 2008. – 72 с.
- 5 Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги. - М: Высшая школа, 1985. – 168 с.
- 3 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4- х т./ Под. ред. А.И. Акулова и др. - М: Машиностроение, 1978.
- 4 Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография/ Под ред. А.Г. Потапьевский и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 208 с.
- 6 Трущенко Е. А. Технические основы сварки давлением и плавлением. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 80 с.
- 7 Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки. – Томск: Изд-во ТПУ, 1983. – 18 с.
- 8 Азаров Н. А. Производство сварных конструкций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. - 96 с.
- 9 Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 96 с.
- 10 Инвертор. Сварочное инверторное оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://www.its-invertor.ru/index.php](http://www.its-invertor.ru/index.php)
- 11 ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М: Стандартинформ, 2012. – 24с.
- 12 ГОСТ 27772-80 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – М: Стандартинформ, 2005. – 16с.
- 13 РД 34.15.132 – 96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.

14 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М: Стандартиформ, 2001. – 16с.

15 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М: Стандартиформ, 2010. – 21 с.

16 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М: Стандартиформ, 2011. – 20 с.

17 ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. – М: Стандартиформ 2007. – 17 с.

